

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 788 290 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
06.08.1997 Patentblatt 1997/32

(51) Int. Cl.⁶: **H04R 25/00**

(21) Anmeldenummer: **96101439.6**

(22) Anmeldetag: **01.02.1996**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE DK LI

(72) Erfinder: **Weinfurtner, Oliver, Dipl.-Ing.**
D-91058 Erlangen (DE)

(71) Anmelder:
Siemens Audiologische Technik GmbH
91058 Erlangen (DE)

(74) Vertreter: **Fuchs, Franz-Josef, Dr.-Ing. et al**
Postfach 22 13 17
80503 München (DE)

(54) Programmierbares Hörgerät

(57) Zur automatischen Anpassung des Hörgerätes (1, 1') werden aus seinem Signalpfad Signale (6, 6') abgegriffen und einem Modul (7) zur Transformation der Signale vom Zeitbereich in den Frequenzbereich zugeführt, wobei die in den Frequenzbereich überführten Signale (8) einem weiteren Modul (9) zur Signalauswertung im Frequenzbereich zugeführt werden, welches Steuersignale (10) erzeugt, die zur Auswahl von in einem dem Signalpfad zugeordneten Datenspeicher (11) gespeicherten Parametern eines Verstärker- und Übertragungsteils (4) oder zur Veränderung der Verstärker- und Übertragungscharakteristik an das Verstärker- und Übertragungsteil (4) abgebar sind.

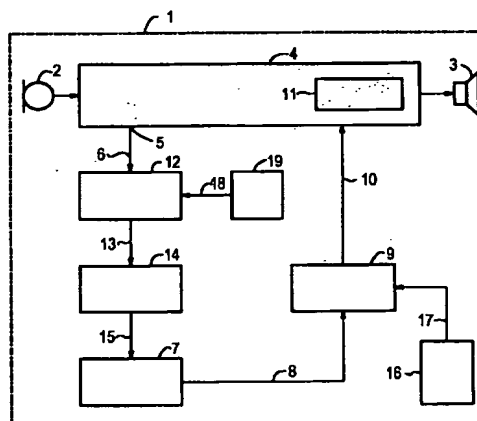


FIG 1

EP 0 788 290 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein programmierbares Hörgerät mit einem in seinen Übertragungseigenschaften zwischen Mikrofon und Hörer auf verschiedene Übertragungscharakteristika einstellbaren Verstärker- und Übertragungsteil.

Bei einem aus der EP-B-0 064 042 bekannten Hörgerät sind in einem Hörgerätespeicher acht Parametersätze für unterschiedliche Übertragungscharakteristika für verschiedene Umgebungssituationen abgespeichert. Durch Betätigen eines Schalters können nacheinander die verschiedenen Parametersätze für die acht gespeicherten Programme abgerufen werden. Eine Steuereinheit steuert einen zwischen Mikrofon und Hörer eingeschalteten Signalprozessor, der dann eine erste, für eine vorgesehene Umgebungssituation bestimmte Übertragungsfunktion einstellt. Über den Schalter können jedoch die gespeicherten Signalübertragungsprogramme nur nacheinander abgerufen werden, bis nach Meinung des Hörgeräträgers die gerade zur gegebenen Umgebungssituation passende Übertragungsfunktion gefunden ist. In dem bekannten programmierbaren Hörgerät werden demnach im allgemeinen mehrere, vom Benutzer wählbare Parametersätze, sogenannte Hörsituationen, abgespeichert. Jeder dieser Parametersätze stellt die sinnvoll aufeinander abgestimmte Einstellung aller Signalverarbeitungsparameter für eine bestimmte akustische Situation dar, z.B. in Ruhe, d.h. ohne störende Hintergrundgeräusche oder Gesprächssituation mit tieffrequentem Störgeräusch usw. Der Hörgeräträger wählt die jeweils gewünschte Situation durch Betätigen einer Taste am Hörgerät aus.

Die EP-A-0 674 464 betrifft ein programmierbares Hörgerät mit Fuzzy-Logik-Controller. Dieses Hörgerät hat ein Regelungssystem, wobei es für die automatische Umschaltung und Anpassung an die jeweilige Umgebungssituation einen dem Verstärker- und Übertragungsteil zugeordneten Controller aufweist, der in Abhängigkeit von der jeweiligen Umgebungssituation kennzeichnenden Eingangsgrößen eine Auswahl der im Datenträger des Hörgerätes gespeicherten Parametersätze oder von Parametern zur Veränderung von Übertragungscharakteristiken des Hörgerätes vornimmt.

Für eine automatische oder weitgehend automatische, von Eingangs- oder Meßsignalen abhängige Anpassung eines programmierbaren Hörgerätes wird in der europäischen Patentanmeldung 94 117 797.4-2211 eine dem Signalpfad vom Mikrofon zum Hörer nebengeordnete neuronale Struktur vorgeschlagen, der ein Datenträger zugeordnet ist, wobei aus dem Signalpfad aus einer oder mehreren Abgriffstellen Signale abgegriffen und einem Modul zur Signalaufbereitung zugeführt werden und wobei die aufbereiteten Signale der neuronalen Struktur zuführbar sind, welche Steuersignale erzeugt, die zur Auswahl von in einem dem Signalpfad zugeordneten Datenspeicher gespeicherte Parameter des Verstärker- und Übertragungsteils oder zur Veränderung der Verstärker- und Übertragungscharakteristik an das Verstärker- und Übertragungsteil abgebar sind.

Die Vorschläge nach der EP-A-0 674 464 und der EP 94 117 797.4-2211 betreffen die Bestimmung von Hörprogrammen und Signalverarbeitungsparametern mittels Fuzzy-Logik bzw. mittels einer neuronalen Struktur, wobei in beiden Fällen von einer Auswertung des/der Eingangssignale(s) im Zeitbereich ausgegangen und wobei die Realisierung der Fuzzy-Logik bzw. der neuronalen Struktur in analoger Schaltungstechnik angegeben ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Hörgerät der eingangs genannten Art zu schaffen, das eine weitgehende automatische Auswahl eines jeweiligen Hörprogrammes oder das automatische Einstellen einzelner Signalverarbeitungsparameter durch Auswertung des im Hörgerät eintreffenden akustischen Signals ermöglicht, wobei besondere Möglichkeiten der Signalauswertung nutzbar sein sollen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß aus dem Signalpfad aus einer oder mehreren Abgriffstellen Signale abgegriffen und einem Modul zur Transformation der Signale vom Zeitbereich in den Frequenzbereich zugeführt werden, wobei die in den Frequenzbereich überführten Signale einem weiteren Modul zur Signalauswertung im Frequenzbereich zugeführt werden, wobei dieses Modul Steuersignale erzeugt, die zur Auswahl von in einem dem Signalpfad zugeordneten Datenspeicher gespeicherten Parametern des Verstärker- und Übertragungsteils oder zur Veränderung der Verstärker- und Übertragungscharakteristik an das Verstärker- und Übertragungsteil abgebar sind.

Bei dem Hörgerät nach der Erfindung ist eine Signalauswertung vorgesehen, wonach das eintreffende akustische Signal zuerst einer Spektralanalyse unterzogen wird und wobei die eigentliche Analyse dann im Frequenzbereich stattfindet. Die Algorithmen und Regelsätze für die Analyse des so vorverarbeiteten Signals sollen möglichst flexibel vorgebar bzw. programmierbar sein. Hierbei bietet die digitale schaltungstechnische Realisierung besondere Vorteile. Für die logische Implementierung der Algorithmen und Regelsätze bieten sich alternativ mathematische Berechnungsvorschriften, Fuzzy-Logik und neuronale Strukturen an. Nach der Erfindung ist eine bessere Anpassung der Signalverarbeitung an den Hörschaden durch fortlaufende signalabhängige Einstellung der Signalverarbeitungsparameter möglich. Gleichzeitig wird der Hörgeräträger davon entlastet, selbst eine Hörprogrammumschaltung vornehmen zu müssen.

Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind durch die Patentansprüche gekennzeichnet.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden nachfolgend anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Hörgerätes mit einem Verstärker- und Übertragungsteil für

eine analoge Signalverarbeitung,

Figur 2 ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Hörgerätes mit einem Verstärker- und Übertragungsteil für eine digitale Signalverarbeitung,

Figur 3 ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Hörgerätes mit einem Verstärker- und Übertragungsteil für eine digitale Signalverarbeitung, wobei das Hörgerät-Modul zur Signalauswertung im Frequenzbereich mit einem Speicher im Datenaustausch steht,

Figuren 4 bis 6 Blockschaltbilder für mögliche Hörgerät-Module zur Signalauswertung im Frequenzbereich und zur Bestimmung des - in Abhängigkeit vom Hörgerät empfangenen akustischen Signals - jeweils zu aktivierenden Hörprogramms,

Figuren 7 bis 9 Blockschaltbilder für mögliche Hörgerät-Module zur Signalauswertung im Frequenzbereich und zur Bestimmung einzelner Signalverarbeitungsparameter, in Abhängigkeit des vom Hörgerät empfangenen akustischen Signals.

Das in Figur 1 schematisch dargestellte erfindungsgemäße Hörgerät 1 nimmt über ein Mikrofon 2 Schallsignale auf. Diese akustische Information wird im Mikrofon in elektrische Signale umgesetzt. Nach einer Signalbearbeitung in einem Verstärkungs- und Übertragungsteil 4 wird das elektrische Signal einem Hörer 3 als Ausgangswandler zugeführt. Bei dem Hörgerät nach Figur 1 ist eine analoge Signalverarbeitung im Verstärker- und Übertragungsteil 4 vorgesehen. Dabei werden aus dem Signalpfad aus einer oder mehreren Abgriffstellen 5 analoge Signale 6 abgegriffen.

Ein Modul 12 zur Auswahl des Abgriffsignals 13 legt fest, von welchem Punkt im Signalpfad das Signal abgegriffen wird und führt es sodann einem Analog/Digital-Umsetzer 14 zu. Dabei kann es diese Auswahl entweder gemäß einem eigenen, in ihm implementierten Algorithmus oder gemäß einem externen Steuersignal 18 treffen. Das im Analog/Digital-Umsetzer 14 digitalisierte Signal 15 wird anschließend einem Modul 7 zur Transformation des bzw. der Signale 15 vom Zeitbereich in den Frequenzbereich zugeführt. Die im Modul 7 transformierten Daten oder Signale 8 werden daraufhin durch ein Modul 9 zur Signalauswertung im Frequenzbereich weiterverarbeitet. Hier laufen die wesentlichen Signalanalyse- und Signalerkennungsalgorithmen ab, wobei bei der Ermittlung der neuen Signalverarbeitungsparameter auch Systeminformationen des Hörgerätes in die Auswahlentscheidung mit einbezogen werden können; z.B. über die Position von Bedienelementen oder den jeweiligen Batterieladezustand und durch ein Mittel 16 zur Erfassung von Systemzuständen sowie durch dessen Ausgangssignale 17. Dabei sind die im Modul 9 erzeugten Steuersignale 10 zur Auswahl von in einem dem Signalpfad zugeordneten Datenspeicher gespeicherten Parametern des Verstärker- und Übertragungsteils oder zur Veränderung der Verstärker- und Übertragungscharakteristik an das Verstärker- und Übertragungsteil 4 abgebar. Gemäß Figur 1 sind dem Modul 12 zur Auswahl eines oder mehrerer Abgriffssignale 13 Steuersignale 18 eines Steuermoduls 19 zuführbar, wodurch die Auswahl der Abgriffssignale beeinflussbar ist.

Falls nach dem Ausführungsbeispiel der Figur 2 bei einem digitalen Hörgerät 1' in dem Verstärker- und Übertragungsteil 4' im Signalpfad eine digitale Signalverarbeitung erfolgt, wird kein eigener Analog/Digital-Umsetzer für die Signalanalyse benötigt. Statt dessen kann das bereits digitale Signal 6' aus dem Signalpfad abgegriffen und für die Signalanalyse weiterverarbeitet werden. Das abgegriffene digitale Signal 6' wird nach dem Modul 12 zur Auswahl eines oder mehrerer Abgriffssignale als digitales Abgriffssignal 13' dem Modul 7 zur Transformation des Signals in den Frequenzbereich zugeführt. Die weitere Signalanalyse kann, wie oben beschrieben, ablaufen.

Die Transformation des jeweils abgegriffenen Signals in den Frequenzbereich geschieht z.B. nach den bekannten Verfahren der diskreten Fouriertransformation oder der Fast Fourier Transformation. Als Ergebnis der Transformation stehen die Amplituden- und Phasenwerte des Signals an einer wählbaren Anzahl von Stützstellen bereit.

Zusammen mit den Schaltbildern der Figuren 3 bis 6 wird im folgenden die Bestimmung des Hörprogrammes durch Signalauswertung im Frequenzbereich beschrieben, und zwar die Bestimmung des Hörprogramms durch eine mathematische Berechnungsvorschrift, über ein Fuzzy-Logik-Regelwerk oder mit Hilfe einer neuronalen Struktur. Hierbei muß zuerst die akustische Umgebungssituation analysiert und klassifiziert werden. Dabei wird sich im allgemeinen ergeben, daß sie einer Mischung der den Hörprogrammen zugrunde liegenden Hörsituationen (= Eck-Hörsituationen) entspricht. Dementsprechend muß entschieden werden, welches der abgespeicherten Hörprogramme aktiviert werden soll oder wie aus den abgespeicherten Hörprogrammen ein geeignetes Mittelwert-Hörprogramm gewonnen werden soll.

Nach einer vorteilhaften Ausführungsform gemäß Figur 3 steht das Modul 9 zur Signalauswertung im Frequenzbereich mit einem Speicher 20 in Datenaustausch, wobei das Modul 9 Signale 21 an den Speicher 20 abgibt und den Speicher dazu veranlaßt, bestimmte Daten 22 an das Verstärker- und Übertragungsteil 4 abzugeben oder Daten 23 dem Speicher 20 entnimmt, verarbeitet und als Steuersignale 10 an das Verstärker- und Übertragungsteil 4 abgibt.

Zur Bestimmung der Hörsituation über mathematische Funktionen weist das Modul 9 zur Signalauswertung im Frequenzbereich, wie Figur 4 zeigt, eine Komponente 24 zur Normierung der Amplitudenwerte, eine Komponente 25 zur

EP 0 788 290 A1

Bildung von frequenzbezogenen Kenngrößen, eine Komponente 26 zur Bildung von zeitlichen Kenngrößen, eine Komponente 27 zur Bildung von Ähnlichkeitsmaßzahlen und eine Komponente 28 zur Bestimmung des jeweils zu aktivierenden Hörprogrammes auf.

Normierung:

- 5 Da die Situationsanalyse unabhängig von der absoluten Lautheit des zu untersuchenden Signals sein soll, findet im ersten Verarbeitungsschritt eine Normierung der Amplitudenwerte statt. Eine Möglichkeit hierzu ist, den Faktor zu ermitteln, mit dem der größte Amplitudenwert multipliziert werden muß, um einen vorgegebenen Maximalwert anzunehmen. Anschließend werden alle Amplitudenwerte mit diesem Faktor multipliziert.

Bildung von frequenzbezogenen Kenngrößen:

- 10 Da für die weitere Auswertung nicht die Amplitudenwerte alleine, sondern Kenngrößen, die ihr Verhältnis zueinander beschreiben, benötigt werden, müssen diese gebildet werden. Beispiele hierfür sind:
Summen von Amplitudenwerten.
Differenzen von Amplitudenwerten.
Mittelwerte von Amplitudenwerten. Diese können darüber hinaus gewichtet sein.
15 Leistung des Signals in bestimmten Frequenzbereichen.
Durchschnittlicher Anstieg/ Abfall der Amplitudenwerte in bestimmten Frequenzbereichen.

Die genaue Berechnung dieser jeweils benötigten Zwischengrößen ist Bestandteil des gesamten Analysealgorithmus.

Bildung von zeitlichen Kenngrößen:

- 20 Da neben den bisher zur Verfügung stehenden, jeweils für ein Zeitintervall der Fouriertransformation gültigen Größen auch deren zeitlicher Verlauf für die Signalanalyse von Bedeutung ist, werden als nächstes zusätzliche zeitliche Kenngrößen aus den bisherigen Kenngrößen und Amplitudenwerten ermittelt.
Beispiele hierfür sind:
Summen, zum Teil auch gewichtet, von Kenngrößen zu verschiedenen Zeitpunkten.
25 Differenzen, zum Teil auch gewichtet, von Kenngrößen zu verschiedenen Zeitpunkten.
Mittelwerte von Kenngrößen zu verschiedenen Zeitpunkten.
Durchschnittlicher Anstieg/ Abfall von Kenngrößen innerhalb eines bestimmten zeitlichen Intervalls.

Berechnung von Ähnlichkeitsmaßzahlen:

- Im nächsten Schritt muß ermittelt werden, wie ähnlich die aktuelle akustische Situation den vorgegebenen Hörsituationen (=Eck-Hörsituationen) ist.
30 Hierzu wird für jede Eck-Hörsituation die Abweichung ihres Kennwertsatzes von dem aktuell ermittelten Kennwertsatz der akustischen Umgebungssituation bestimmt. Beispielsweise wird für jeden Situationsvergleich für jeden Kennwert der Absolutwert der Differenz ermittelt und mit einem vorzugebenden Faktor gewichtet. Die Summe dieser gewichteten Differenzen ergibt ein Maß für die Ähnlichkeit der aktuellen Situation mit der jeweiligen Eck-Hörsituation. Die Gewichtung der Differenzen führt dabei dazu, daß Abweichungen verschiedener Kennwerte je nach ihrer Bedeutung mehr oder weniger in die Berechnung des Ähnlichkeitsmaßes eingehen.
35 Diese Vorgehensweise läßt sich einfach mathematisch beschreiben, wie an folgendem Beispiel gezeigt wird. Dabei wird von 3 Eck-Hörsituationen mit je 3 Kennwerten ausgegangen.

40 Kennwertsatz von Eck-Hörsituation 1: $W1 = (w11, w12, w13)$
Kennwertsatz von Eck-Hörsituation 2: $W2 = (w21, w22, w23)$
Kennwertsatz von Eck-Hörsituation 3: $W3 = (w31, w32, w33)$
Kennwertsatz der aktuellen Hörsituation: $WA = (wA1, wA2, wA3)$

45 Berechnung der Ähnlichkeitsmaße:

Ähnlichkeitsmaß 1: $S1 = g1 * |w11 - wA1| + g2 * |w12 - wA2| + g3 * |w13 - wA3|$
Ähnlichkeitsmaß 2: $S2 = g1 * |w21 - wA1| + g2 * |w22 - wA2| + g3 * |w23 - wA3|$
50 Ähnlichkeitsmaß 3: $S3 = g1 * |w31 - wA1| + g2 * |w32 - wA2| + g3 * |w33 - wA3|$
Hierbei bedeutet | ... | die mathematische Funktion der Betragsbildung und
g1, g2, g3 stellen die Gewichtungsfaktoren der einzelnen Kennwerte dar.

Ermittlung des zu aktivierenden Hörprogramms:

- 55 Nachdem nun ein Ähnlichkeitsmaß für die aktuelle akustische Situation mit jeder Eck-Hörsituation vorliegt, muß das zu aktivierende Hörprogramm bestimmt werden. Im einfachsten Fall wird das Hörprogramm aktiviert, für welches das Ähnlichkeitsmaß zwischen korrespondierender Eck-Situation und aktueller akustischer Situation den größten Wert besitzt. Hierbei muß allerdings eine Schalthysterse vorgesehen werden, um in Grenzsituationen ein beständiges Umschalten zwischen zwei Hörprogrammen zu vermeiden.

EP 0 788 290 A1

Neben dieser einfachen Lösung besteht die Möglichkeit, das zu aktivierende Hörprogramm aus den abgespeicherten Hörprogrammen zu berechnen und zwar so, daß für jeden Parameter ein Mittelwert gebildet wird, der die einzelnen Ähnlichkeitsmaße zwischen aktueller Situation und Eck-Situationen widerspiegelt.

Beispielsweise könnte dies dadurch geschehen, daß jeder Parameter der Eck-Situationen mit dem zugehörigen Ähnlichkeitsmaß multipliziert wird, diese Größen dann addiert werden und anschließend der erhaltene Wert durch die Summe der Ähnlichkeitsmaße dividiert wird. Hierdurch ergäbe sich für jeden Parameter eine Art "interpolierter Mittelwert".

Auch dieses Verfahren läßt sich einfach mathematisch beschreiben, wie an folgendem Beispiel gezeigt wird. Dabei wird von 3 Hörprogrammen mit je 3 Signalverarbeitungsparametern ausgegangen.

10

Hörprogramm 1: P1 = (p11, p12, p13)
Hörprogramm 2: P2 = (p21, p22, p23)
Hörprogramm 3: P3 = (p31, p32, p33)

15 Zu berechnendes Hörprogramm: PN = (pN1, pN2, pN3) Berechnung der Signalverarbeitungsparameter des einzustellenden Hörprogramms:

$$pN1 = \frac{(p11 \cdot S1) + (P21 \cdot S2) + (P31 \cdot S3)}{S1 + S2 + S3}$$

20

$$pN2 = \frac{(p12 \cdot S1) + (P22 \cdot S2) + (P32 \cdot S3)}{S1 + S2 + S3}$$

25

$$pN3 = \frac{(p13 \cdot S1) + (P23 \cdot S2) + (P33 \cdot S3)}{S1 + S2 + S3}$$

Es kann vorteilhaft sein, statt einer mathematischen Ausführung die Berechnung der Ähnlichkeitsmaßzahlen mit Hilfe von Fuzzy-Logik zu realisieren. Die Vorteile von Fuzzy-Logik gegenüber einem geschlossenen mathematischen Ansatz bestehen darin, daß auch nichtlineare Zusammenhänge einfach beschrieben und bearbeitet werden können, wie sie z.B. am Rand von zulässigen Wertebereichen auftreten können. Selbst einander zum Teil widersprechende Werte von Eingangsgrößen können sinnvoll miteinander verarbeitet werden. Hierzu werden, wie oben beschrieben, ebenfalls die Schritte Normierung, Bildung von frequenzbezogenen Kenngrößen und Bildung von zeitlichen Kenngrößen vollzogen. Zur Berechnung der Ähnlichkeitsmaßzahlen werden nun aber die relevanten Amplitudenwerte und Kenngrößen den Schritten Fuzzifizierung, Inferenz und Defuzzifizierung unterzogen. Als Ergebnis stehen dann ebenfalls Ähnlichkeitsmaßzahlen zur Verfügung, die für jede Eck-Hörsituation deren Ähnlichkeit mit der aktuellen akustischen Umgebungssituation beschreiben. Die Ermittlung des zu aktivierenden Hörprogrammes geschieht dann in gleicher Weise wie oben beschrieben.

Zur Bestimmung der Hörsituation über Fuzzy-Logik ist gemäß Figur 5 ein Modul 9 zur Signalauswertung im Frequenzbereich vorgesehen, gekennzeichnet durch eine Komponente 24 zur Normierung der Amplitudenwerte, eine Komponente 25 zur Bildung von frequenzbezogenen Kenngrößen, eine Komponente 26 zur Bildung von zeitlichen Kenngrößen, eine Komponente 29 zur Fuzzifizierung, eine Komponente 30 zur Inferenzbildung, eine Komponente 31 zur Defuzzifizierung der Ähnlichkeitsmaßzahlen und eine Komponente 28 zur Bestimmung des jeweils zu aktivierenden Hörprogrammes.

Für die Bestimmung der Hörsituation über eine neuronale Struktur ist gemäß der Erfindung ein Modul 9 zur Signalauswertung im Frequenzbereich vorgesehen, bestehend aus einer Komponente 24 zur Normierung der Amplitudenwerte, einer Komponente 25 zur Bildung von frequenzbezogenen Kenngrößen, einer Komponente 26 zur Bildung von zeitlichen Kenngrößen und einer Komponente 32 zur Realisierung einer neuronalen Struktur zur Bestimmung des jeweils zu aktivierenden Hörprogrammes. Dabei kann gemäß Figur 6 das Modul 9 Signale 21 an einen Speicher 20 abgeben, der dann Datensignale 22 an das Verstärker- und Übertragungsteil 4 zur Bestimmung des jeweils zu aktivierenden Hörprogrammes liefert.

Es kann vorteilhaft sein, zur Bestimmung des Hörprogrammes eine neuronale Struktur einzusetzen, weil es dann möglich ist, auch empirisch gewonnenes „gelerntes“ Entscheidungswissen zu implementieren, selbst wenn dieses nicht explizit formuliert werden kann. Hierzu werden, wie bereits beschrieben, ebenfalls die Schritte Normierung, Bildung von frequenzbezogenen Kenngrößen und Bildung von zeitlichen Kenngrößen vollzogen. Die Amplitudenwerte und Zwischenvariablen werden nun auf die Eingänge einer neuronalen Struktur gegeben. Entsprechend dem in seiner Struktur festgelegten Übertragungsverhalten stellen die an seinen Ausgängen dann anliegenden Werte einen Code dar, der das zu aktivierende Hörprogramm auswählt. Eine weitere Berechnung des zu aktivierenden Hörprogramms, wie bei den Ausführungen der Figuren 4 und 5, ist in diesem Fall also nicht erforderlich.

EP 0 788 290 A1

Statt einen kompletten Satz von Signalverarbeitungsparametern (Hörprogramm) zu bestimmen, kann auch jeder Parameter für sich bestimmt werden. Unter Bezugnahme auf die Schaltbilder der Figuren 7 bis 9 wird im folgenden die Bestimmung einzelner Signalverarbeitungsparameter durch Signalauswertung im Frequenzbereich beschrieben, und zwar durch Ermittlung der Parameter über mathematische Funktionen, über Fuzzy-Logik oder über eine neuronale Struktur.

Um die Signalverarbeitungsparameter nach einer mathematischen Berechnungsvorschrift zu bestimmen, muß ebenfalls, wie bereits beschrieben, eine Normierung der Amplitudenwerte vorgenommen werden. Anschließend wird in einer Komponente 33 zur Bestimmung der einzelnen Signalverarbeitungsparameter für jeden zu bestimmenden Parameter der Wert nach einer Formel berechnet, z.B. nach:

$$G_2(n) = [A_1(n) + A_1(n-1)*0.5 + A_1(n-2)*0.2] * 0.3 + \\ [A_2(n) + A_2(n-1)*0.6 + A_2(n-2)*0.3] * 0.4 + \\ [A_3(n) + A_3(n-1)*0.6 + A_3(n-2)*0.4] * 0.5 + \\ . \\ . \\ . \\ [A_{16}(n) + A_{16}(n-1)*0.5 + A_{16}(n-2)*0.2] * 0.3$$

Hierbei bedeutet:

G_2	den zu berechnenden Parameter, hier z.B. die Verstärkung im Kanal 2.
$A_i(\dots)$	den i-ten Amplitudenwert der Fourieranalyse.
$(n), (n-1), \dots$	kennzeichnet, daß es sich um den jeweiligen Wert im Zeitintervall $n, n-1, \dots$ der Fourieranalyse handelt.

Es kann vorteilhaft sein, statt über eine mathematische Vorschrift die Berechnung der Signalverarbeitungsparameter mit Hilfe von Fuzzy-Logik zu realisieren. Die Vorteile von Fuzzy-Logik gegenüber einem geschlossenen mathematischen Ansatz bestehen darin, daß auch nichtlineare Zusammenhänge einfach beschrieben und bearbeitet werden können, wie sie z.B. am Rand von zulässigen Wertebereichen auftreten können. Selbst einander zum Teil widersprechende Werte von Eingangsgrößen können sinnvoll miteinander verarbeitet werden. Hierzu werden ebenfalls die Schritte Normierung 24, Bildung von frequenzbezogenen Kenngrößen 25 und Bildung von zeitlichen Kenngrößen 26 vollzogen. Zur Berechnung der Parameterwerte werden nun aber mittels der Modul-Komponenten 34, 35, 36 die relevanten Amplitudenwerte und Kenngrößen den Schritten Fuzzifizierung, Inferenz und Defuzzifizierung unterzogen. Als Ergebnis stehen dann die benötigten Parameterwerte zur Verfügung.

Schließlich kann es vorteilhaft sein, zur Bestimmung der Parameter eine neuronale Struktur einzusetzen. Dadurch wird es möglich, auch empirisch gewonnenes, gelerntes Entscheidungswissen zu implementieren, selbst wenn dieses nicht explizit formuliert werden kann. Hierzu werden, wie beschrieben, ebenfalls die Schritte Normierung, Bildung von frequenzorientierten Kenngrößen und Bildung von zeitlichen Kenngrößen vollzogen. Die Amplitudenwerte und Zwischenvariablen werden dann in einer Modul-Komponente 37 auf die Eingänge einer neuronalen Struktur gegeben. Entsprechend dem in seiner Struktur festgelegten Übertragungsverhalten stellen die dann an seinen Ausgängen anliegenden Werte die Einstellwerte der Signalverarbeitungsparameter dar.

Patentansprüche

1. Programmierbares Hörgerät (1, 1') mit einem in seinen Übertragungseigenschaften zwischen Mikrofon (2) und Hörer (3) auf verschiedene Übertragungscharakteristika einstellbaren Verstärker- und Übertragungsteil (4, 4'), dadurch gekennzeichnet, daß aus dem Signalpfad aus einer oder mehreren Abgriffstellen (5) Signale (6, 6') abgegriffen und einem Modul (7) zur Transformation der Signale vom Zeitbereich in den Frequenzbereich zugeführt werden, wobei die in den Frequenzbereich überführten Signale (8) einem weiteren Modul (9) zur Signalauswertung im Frequenzbereich zugeführt werden, wobei dieses Modul (9) Steuersignale (10) erzeugt, die zur Auswahl von in einem dem Signalpfad zugeordneten Datenspeicher (11) gespeicherten Parametern des Verstär-

ker- und Übertragungsteils oder zur Veränderung der Verstärker- und Übertragungscharakteristik an das Verstärker- und Übertragungsteil (4) abgebar sind.

- 5 2. Hörgerät nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen der Abgriffstelle (5) der Signale (6, 6') und dem Modul (7) zur Transformation der Signale vom Zeitbereich in den Frequenzbereich ein Modul (12) zur Auswahl eines oder mehrerer Abgriffssignale vorgesehen ist.
- 10 3. Hörgerät nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei einem Verstärker- und Übertragungsteil (4) für eine analoge Signalverarbeitung aus einer oder mehreren Abgriffstellen (5) analoge Signale (6) abgegriffen, dem Modul (12) zur Auswahl eines oder mehrerer Abgriffssignale zugeführt und anschließend die bestimmten digitalen Abgriffssignale (13) über einen Analog/Digital-Umsetzer (14) und danach als digitale Signale (15) dem Modul (7) zur Transformation der Signale vom Zeitbereich in den Frequenzbereich zuführbar sind.
- 15 4. Hörgerät nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei einem Verstärker- und Übertragungsteil (4') für eine digitale Signalverarbeitung aus einer oder mehreren Abgriffstellen (5) digitale Signale (6') abgegriffen, dem Modul (12) zur Auswahl eines oder mehrerer Abgriffssignale zugeführt und anschließend die bestimmten digitalen Abgriffssignale (13') direkt dem Modul (7) zur Transformation der Signale vom Zeitbereich in den Frequenzbereich zuführbar sind.
- 20 5. Hörgerät nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß Mittel (16) zur Erfassung von Systemzuständen des Hörgerätes (1, 1') vorgesehen sind, deren Ausgangssignale (17) dem Modul (9) zur Signalauswertung im Frequenzbereich zuführbar und wobei diese Ausgangssignale (17) bei der Erzeugung der Steuersignale (10) berücksichtigbar sind.
- 25 6. Hörgerät nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem Modul (12) zur Auswahl eines oder mehrerer Abgriffssignale (13, 13') Steuersignale (18) eines Steuermoduls (19) zuführbar sind und dadurch die Auswahl der Abgriffssignale beeinflussbar ist.
- 30 7. Hörgerät nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Transformation der+ Signale vom Zeitbereich in den Frequenzbereich in an sich bekannter Weise nach der diskreten Fouriertransformation oder der Fast Fourier Transformation oder nach einer diskreten Cosinus-Transformation oder einer diskreten Wavelett-Transformation ausführbar ist.
- 35 8. Hörgerät nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Modul (9) zur Signalauswertung im Frequenzbereich mit einem Speicher (20) im Datenaustausch steht, wobei das Modul (9) Signale (21) an den Speicher (20) abgibt und den Speicher dazu veranlaßt, bestimmte Daten (22) an das Verstärker- und Übertragungsteil (4) abzugeben oder Daten (23) dem Speicher (20) entnimmt, verarbeitet und als Steuersignale (10) an das Verstärker- und Übertragungsteil (4) abgibt (Figur 3).
- 40 9. Hörgerät nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Modul (9) zur Signalauswertung im Frequenzbereich eine Komponente (24) zur Normierung der Amplitudenwerte, eine Komponente (25) zur Bildung von frequenzbezogenen Kenngrößen, eine Komponente (26) zur Bildung von zeitlichen Kenngrößen, eine Komponente (27) zur Berechnung von Ähnlichkeitsmaßzahlen und eine Komponente (28) zur Bestimmung des jeweils zu aktivierenden Hörprogrammes aufweist (Figur 4).
- 45 10. Hörgerät nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Modul (9) zur Signalauswertung im Frequenzbereich eine Komponente (24) zur Normierung der Amplitudenwerte, eine Komponente (25) zur Bildung von frequenzbezogenen Kenngrößen, eine Komponente (26) zur Bildung von zeitlichen Kenngrößen, eine Komponente (29) zur Fuzzyfizierung, eine Komponente (30) zur Inferenzbildung, eine Komponente (31) zur Defuzzyfizierung der Ähnlichkeitsmaßzahlen und eine Komponente (28) zur Bestimmung des jeweils zu aktivierenden Hörprogrammes aufweist (Figur 5).
- 50 11. Hörgerät nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Modul (9) zur Signalauswertung im Frequenzbereich eine Komponente (24) zur Normierung der Amplitudenwerte, eine Komponente (25) zur Bildung von frequenzbezogenen Kenngrößen, eine Komponente (26) zur Bildung von zeitlichen Kenngrößen und eine Komponente (32) zur Realisierung einer neuronalen Struktur zur Bestimmung des jeweils zu aktivierenden Hörprogrammes aufweist (Figur 6).
- 55 12. Hörgerät nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Modul (9) zur

EP 0 788 290 A1

Signalauswertung im Frequenzbereich eine Komponente (24) zur Normierung der Amplitudenwerte und eine Komponente (33) zur Bestimmung der einzelnen Signalverarbeitungsparameter nach einer mathematischen Berechnungsvorgabe aufweist (Figur 7).

- 5 13. Hörgerät nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Modul (9) zur Signalauswertung im Frequenzbereich eine Komponente (24) zur Normierung der Amplitudenwerte, eine Komponente (25) zur Bildung von frequenzbezogenen Kenngrößen, eine Komponente (26) zur Bildung von zeitlichen Kenngrößen, eine Komponente (34) zur Fuzzyfizierung, eine Komponente (35) zur Inferenzbildung und eine Komponente (36) zur Defuzzyfizierung der auszugebenden einzelnen Signalverarbeitungsparameter aufweist (Figur 8).
- 10 14. Hörgerät nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Modul (9) zur Signalauswertung im Frequenzbereich eine Komponente (24) zur Normierung der Amplitudenwerte, eine Komponente (25) zur Bildung von frequenzbezogenen Kenngrößen, eine Komponente (26) zur Bildung von zeitlichen Kenngrößen und eine Komponente (37) zur Realisierung einer neuronalen Struktur zur Bestimmung der einzelnen Signalverarbeitungsparameter aufweist (Figur 9)
- 15

20

25

30

35

40

45

50

55

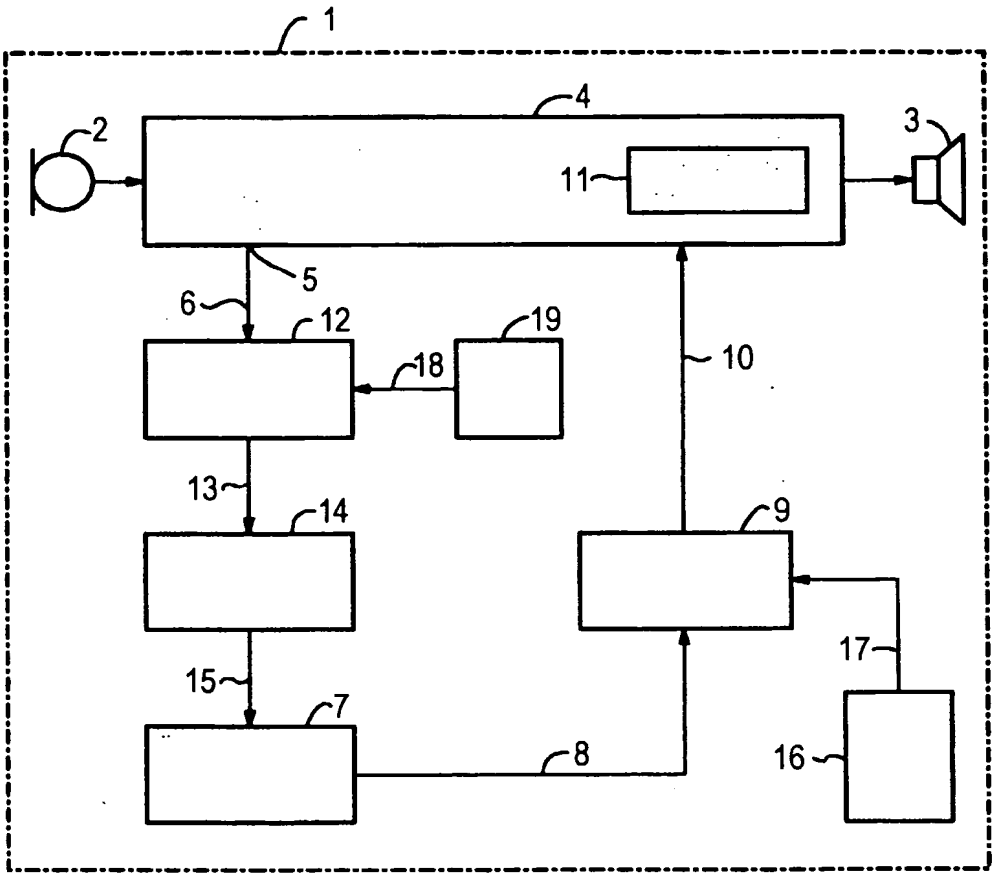


FIG 1

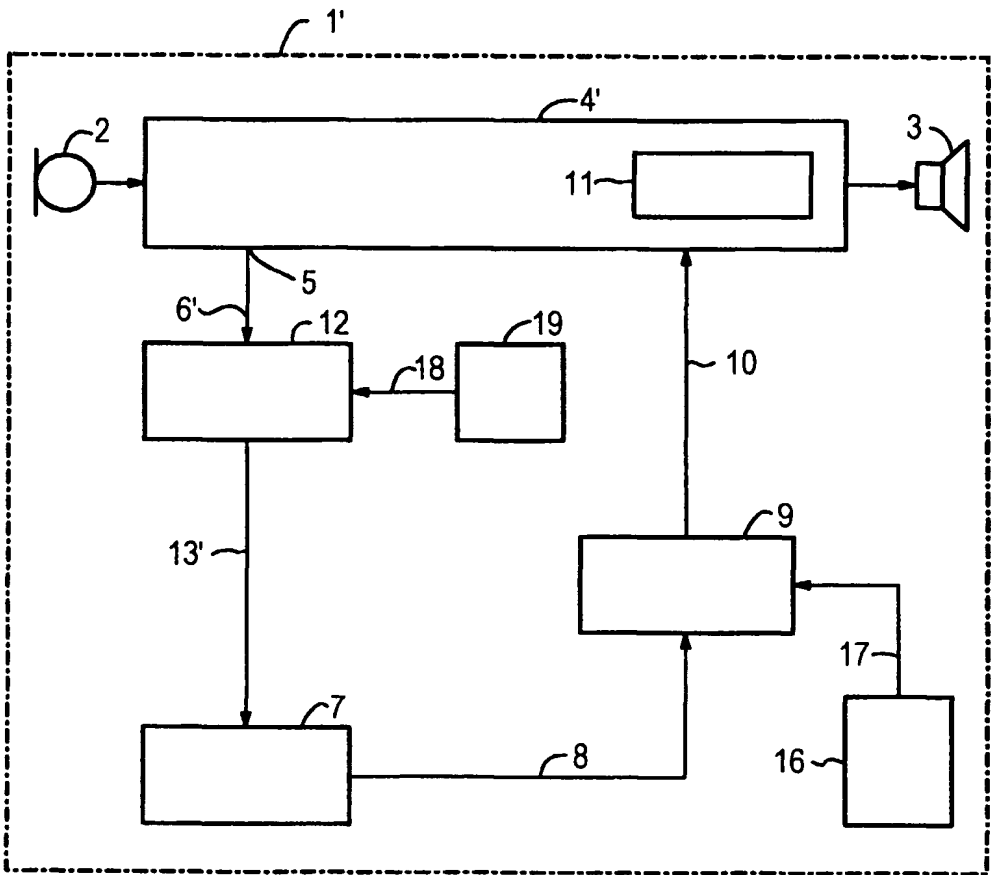


FIG 2

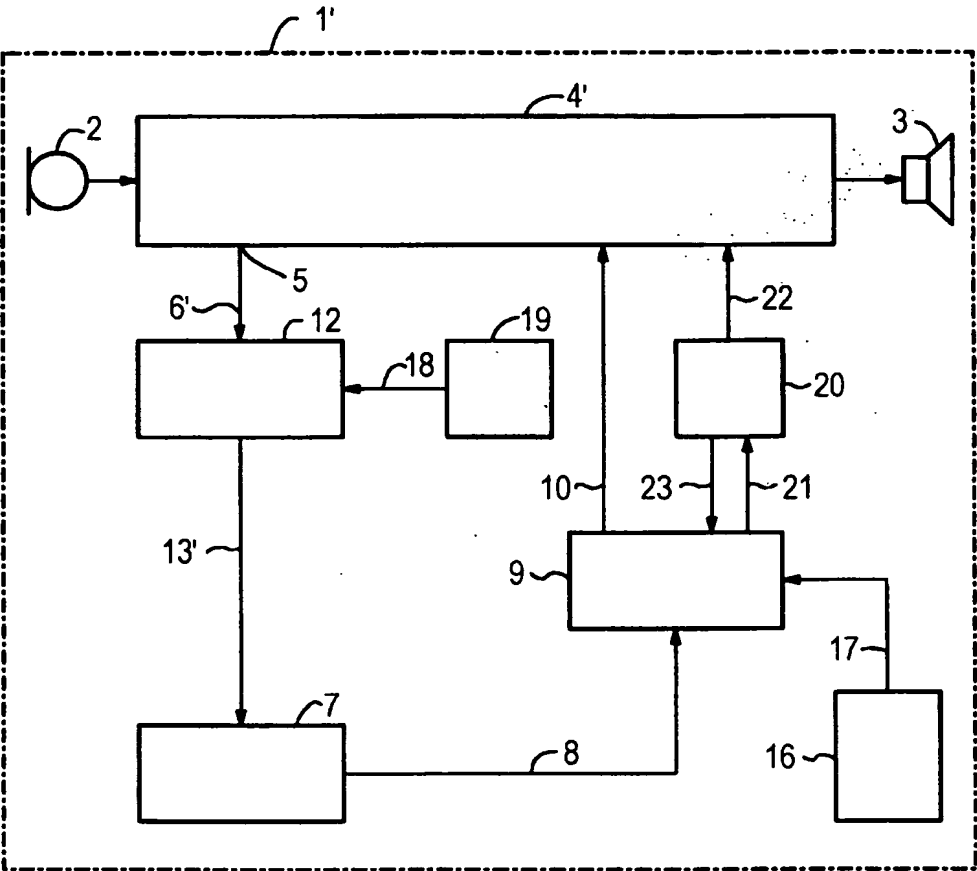


FIG 3

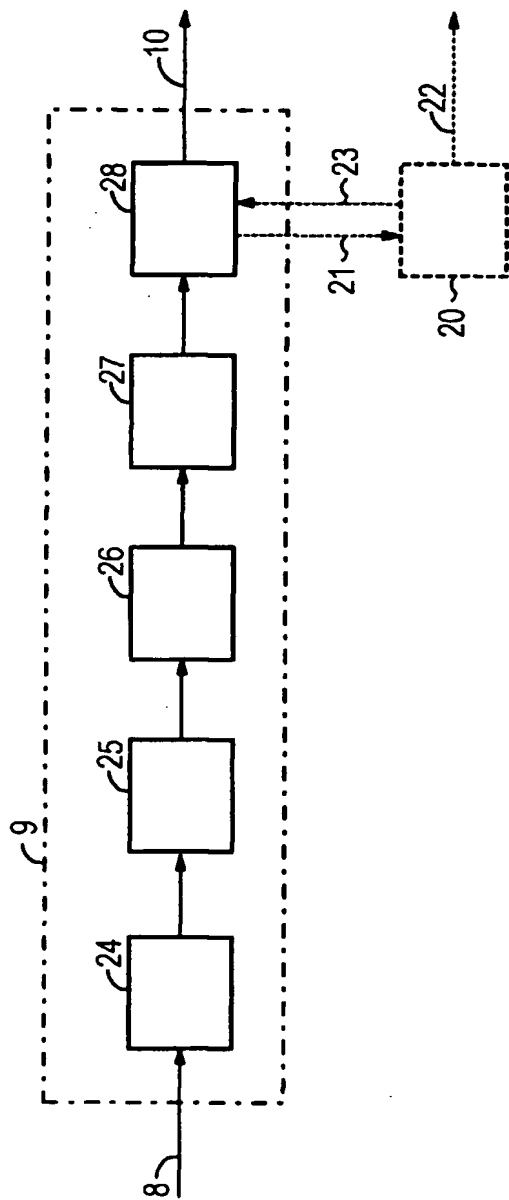


FIG 4

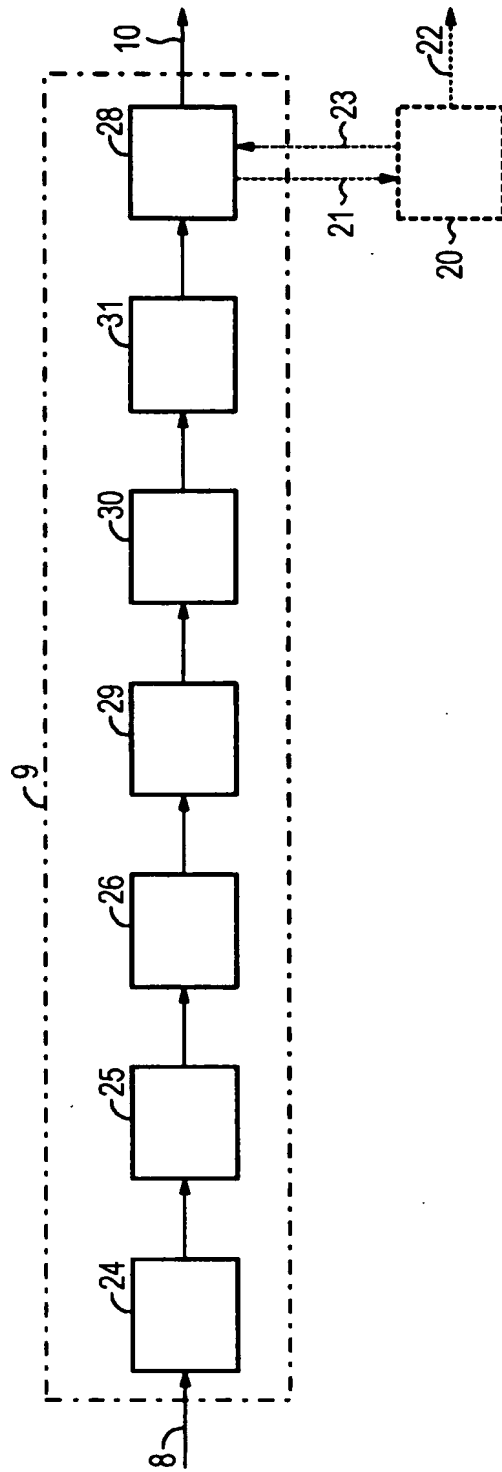


FIG 5

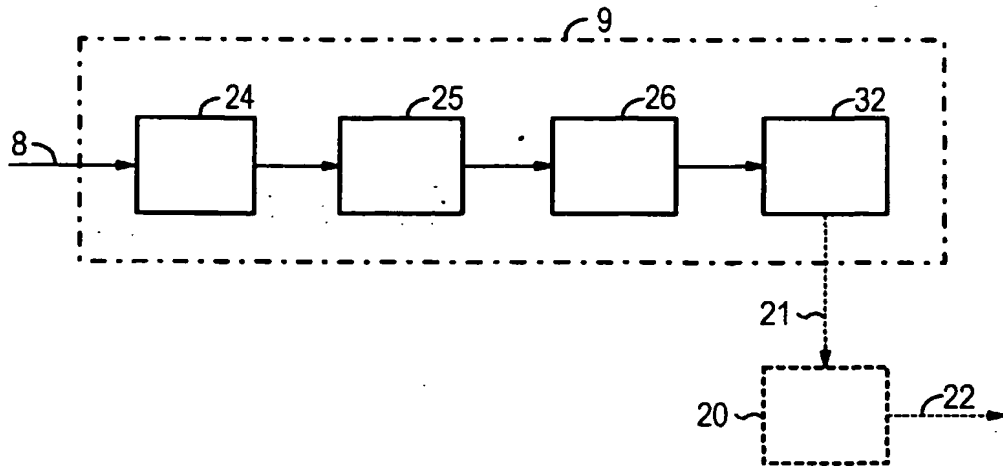


FIG 6

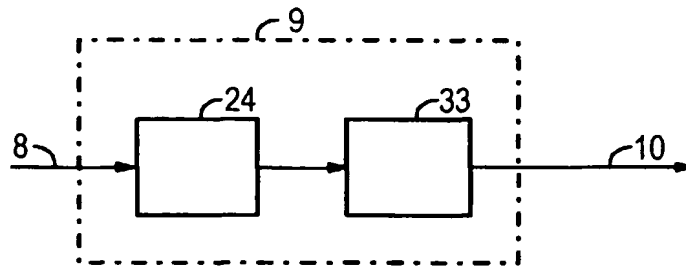


FIG 7

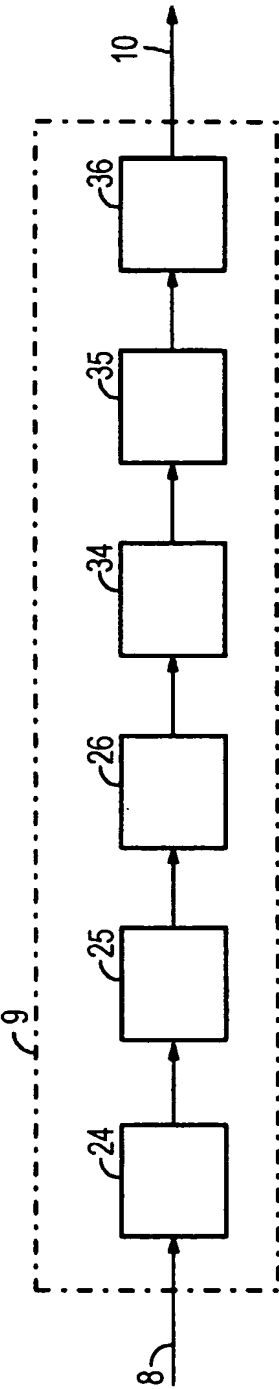


FIG 8

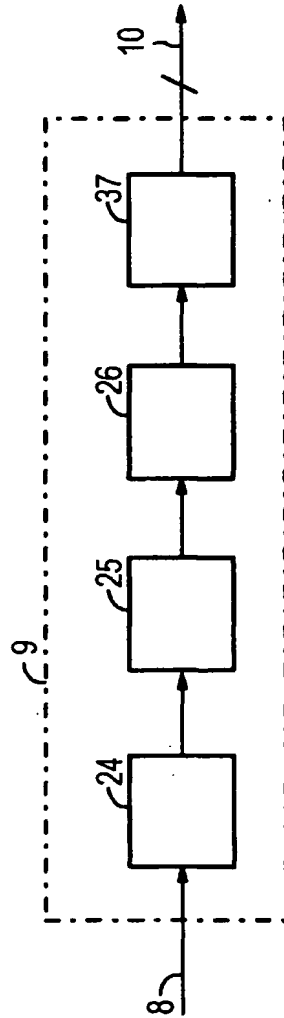


FIG 9



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 96 10 1439

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Ist.Cl.6)
Y	WO-A-95 08248 (AUDIOLOGIC INCORPORATED) * Seite 1, Zeile 10-12 * * Seite 8, Zeile 24 - Seite 10, Zeile 20 * * Seite 13, Zeile 24 - Seite 14, Zeile 20 * * Seite 17, Zeile 3 - Seite 18, Zeile 2 * * Seite 23, Zeile 18-22 * * Seite 25, Zeile 1-9 * ---	1-5,7	H04R25/00
Y A	EP-A-0 681 411 (SIEMENS) * Spalte 1, Zeile 1-5 * * Spalte 2, Zeile 51 - Spalte 3, Zeile 25 * * Spalte 5, Zeile 2 - Spalte 7, Zeile 17 * ---	1-5,7 6,8, 10-14	
A	EP-A-0 219 712 (OKI) * Spalte 2, Zeile 44 - Spalte 4, Zeile 13 * * Spalte 5, Zeile 17-31 * * Spalte 13, Zeile 27 - Spalte 20, Zeile 32 * * Spalte 26, Zeile 25 - Spalte 29, Zeile 32 * ---	1,9-14	
A	EP-A-0 674 463 (SIEMENS) * Spalte 1, Zeile 1-5 * * Spalte 2, Zeile 7-25 * * Spalte 3, Zeile 16 - Spalte 5, Zeile 27 * * Spalte 7, Zeile 39 - Spalte 9, Zeile 8 * -----	1,10,11, 13,14	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abchlußdatum der Recherche 4.Juli 1996	Prüfer Zanti, P
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 (03.91) (P4/C03)